Die Austernbassins in Norwegen.

Von

B. Helland-Hansen (Bergen).

Mit 11 Textfiguren.

1. Die norwegische Austernkultur.

Austern (*Ostrea edulis*) kommen freilebend an der norwegischen Küste bis zum Polarkreis vor, aber jetzt nur in verhältnismäßig kleinen Mengen. Vor einem Menschenalter oder mehr wurde die Auster weit häufiger gefunden, so häufig, daß man sie in bedeutenden Mengen nach Rußland, Belgien und anderen Ländern exportierte. So kam ein nicht geringer Teil der sogenannten Huitres d'Ostende von Norwegen. Es wurden jedoch so viele gefischt, daß der Bestand bald mehr und mehr in Abnahme begriffen war. Da die Austern sich auf so nördlichen Breitegraden langsam vermehren, wurden nämlich weit mehr gefangen, als bei natürlicher Vermehrung wieder ersetzt werden konnte. Es wurde also das Kapital und nicht nur die Renten verzehrt.

Nachdem die Menge freilebender Austern auf diese Art und Weise stark reduziert war, begann man in den siebziger Jahren die Kulturaufziehung zu versuchen. Diese Kultur wurde nach französischem Vorbilde angelegt. In Frankreich hat man — wie bekannt — schon lange das Vorkommen der Austern durch eine Ansammlung des Laiches an bestimmten Laichplätzen und eine Umpflanzung dieses Laiches an andere Plätze, zum Mästen, reguliert. Die Austernkultur in Norwegen ist gemäß eines entsprechenden Wechselbetriebes zwischen Laichbassin und Mastbassin angelegt. Die Bassins sind fast ausnahmsweise kleine Salzwasserseen, derart, wie man sie in Norwegen mit „Poll“ bezeichnet, und die im folgenden näher besprochen werden. Sie zeichnen sich unter anderem dadurch aus, daß die Temperatur in ihnen weit höhere Werte als gewöhnlich in diesen Breitegraden aufweist. Austern gedeihen da ausgezeichnet; in solchen Bassins sind deshalb früher Austern auch natürlich in größeren Mengen

als anderswo vorgekommen, und gerade dies gab den Anstoß zu der jetzigen norwegischen Austernkultur. Der Gang in dieser Kultur ist der folgende:

In den wärmsten Teichen wird ein Stamm ausgewachsener Austern gehalten, die dort im Sommer (Juni—August) in großer Menge laichen. Nachdem die Larven einige Zeit frei im Wasser umhergetrieben sind, setzen sie sich an das Ufer, an Holzstücke usw. fest. Über den Teich werden lange Stahlstränge gespannt, die in einer Tiefe von 1 bis 2 m unter der Wasseroberfläche mittels leerer Tonnen gehalten werden. An die Stahlstränge wird eine Reihe Laichfänger in Gestalt von flachen Reisigbündeln, die 1 bis 2 m lang und gegen 1 m breit sind, gehängt. Das Verfahren geht aus der schematischen Darstellung in Fig. 1 hervor. Fig. 2 zeigt das Laichbassin bei Espevik außerhalb des Hardangerfjords; an der Wasseroberfläche liegen die Tonnen, die die Stahlstränge halten. An den Fängern setzt sich eine Menge Laich fest; die bleiben den Winter über stehen. Im April-Mai des folgenden Jahres werden die Austernjungen, die jetzt einen Durchmesser von ein paar Centimetern haben (Fig. 3 und 4), abgepflückt und in die Mastbassins überführt, wo sie in flachen Körben aus Stahldrahtnetz verteilt werden. Diese Körbe hängen auch in einer Tiefe von ein paar Metern unter der Oberfläche; sie werden in derselben Weise aufgehängt wie die Brutsammler. In diesen Mastbassins werden die Austern unter steter Aufsicht gehalten, bis sie verkauft werden. Es erfordert im allgemeinen 2 bis 3 Jahre, bis sie so groß geworden sind, daß sie den Anforderungen auf dem Markte gerecht werden (Fig. 5). Ausnahmsweise jedoch kann es auch wesentlich schneller gehen, ja so schnell, daß sie bereits nach $\frac{1}{2}$ - bis $\frac{3}{4}$ jährigem Aufenthalt in den Mastbassins die erforderliche Größe für den Verkauf erhalten.

Diese Austernkultur bietet ein gutes Beispiel dar, wie eine bedeutende, praktische Fischzucht im ganzen und in vielen Einzelheiten von einigen einfachen, hydrographischen Verhältnissen abhängig ist, so daß man nur

bei voller Berücksichtigung dieser günstigen Resultate erzielen kann. „Sel-skabet for de norske Fiskeriers Fremme“ („Die Gesellschaft zur Förderung

Fig. 1. Die Anordnung zum Aufsameln des Austernlaiches (nach Wollæbæk).

der norwegischen Fischereien“) in Bergen hat den Bedingungen der Austernzucht in einer längeren Reihe von Jahren sehr viele Arbeit gewidmet; im

Fig. 2. Das Laichbassin bei Espevik (nach Friele).

Auftrage dieser Gesellschaft habe ich die Naturverhältnisse in den verschiedenen Bassins studiert, und einige Resultate dieser Studien sollen im Folgenden besprochen werden.

Fig. 3. Ein Laichsammler, wie er im April aussieht (nach Friele).

Fig. 4. Austernbrut im Juni, beinahe 1 Jahr alt; natürliche Größe (nach Wollebæk).

2. Die Austernbassins.

Die Teiche sind mehr oder weniger von der See (dem Fjorde) durch eine Barriere abgeschlossen. In den meisten Fällen führt ein Kanal von ganz geringer Tiefe durch die Barriere; das Wasser tritt bei der Flut hierdurch in den Teich und fließt bei sinkendem Wasserstand wieder ab. Die

Fig. 5. $2\frac{1}{2}$ jährige Auster nach dem Mästen im Mastbassin während $1\frac{1}{2}$ Jahres; natürliche Größe (nach Wollebæk).

Intensität dieses Wasserwechsels hat einen großen Einfluß auf die Verhältnisse im Teich, und man hat deshalb oft Schleusen zwecks Stromregulierung in den Kanal gebaut. Die Teiche selbst sind im allgemeinen 5 bis 10 m tief. Die Flächenausdehnung ist sehr verschieden; diejenigen, die jetzt im Gebrauch sind, sind von einigen wenigen Hektar bis zu einem halben Quadratkilometer oder mehr groß. Fig. 6 zeigt einen kleinen Teich („Kverne-

pollen“) in Vogelperspektive. Im Vordergrund sieht man den Teich selbst, der in diesem Falle eine fast regelmäßig runde Form hat; im Hintergrund ist der Fjord, und auf der linken Seite der Steinbrücke, die die Barriere bildet, hat man eine kleine Rinne, durch die das Wasser vom Fjord zum Teich und umgekehrt geführt wird. Fig. 7 zeigt einen anderen Teich

Fig. 6. Der Laichteich bei Kverne (Wollebæk photogr.).

(„Nyhammerpollen“) im Vordergrund. Auf die Barriere ist eine Mauer gesetzt, um das Bassin besser abschließen zu können. Das Wasser geht über die Mauer nur bei Hochwasser. Hinter der Mauer sieht man zur Rechten auf dem Bilde den innersten Arm des Fjordes, der in einer Reihe Winkel und Buchten sich dahinzieht. Den ersteren dieser beiden Teiche verwertet man zum Ansammeln des Laiches, den anderen zum Aufziehen und Mästen der eingesetzten Brut.

In den oberen Wasserschichten ist zeitweilig ein überaus reiches Tier- und Pflanzenleben, sowohl von festsitzenden Formen wie von Planktonorganismen. Wenn die Organismen absterben, werden diese wegen der Abgeschlossenheit der Teiche nicht aus dem Bassin abgeführt, sondern sie sinken zu Boden, wo sie — mit zufälligen Sedimenten organischen Ursprungs zusammen — eine lose Schlammschicht bilden, welche in vielen Fällen sehr tief sein kann. In den meisten Teichen deckt diese Schlammschicht den Grund überall, wo die Tiefe mehr als ein paar Meter ist. In der Schlammschicht geht eine lebhafte Schwefelwasserstoffbildung vor sich welche eine bedeutende Rolle in der Teichkultur spielt.

Fig. 7. Der Mastteich bei Nyhammer außerhalb des Sognefjords.

Diese Teiche weisen, wie erwähnt, im Sommer Temperaturen auf, die abnorm hoch sind. So sind z. B. Temperaturen über 35°C gemessen worden. Die „Polle“ bilden sozusagen ein Stück aus dem Süden, wo südliche Organismen isoliert leben können, und wo das Vorkommen der verschiedenen Arten ganz anders sein kann, wie im Fjorde außerhalb der Bassins. In einem der wärmsten Teiche (Espevik) fand Prof. H. H. Gran eine kleine Crustacee, welche von G. O. Sars unter dem Namen *Paracarthia granii* beschrieben ist. Es ist dies eine neue Art; nahestehende Arten sind nur von der Guineaküste bekannt. Das Tier fand sich in großer Anzahl in dem kleinen Teich, ist aber nie in den umgebenden Fjorden nachgewiesen.

3. Die Salzgehalt- und Temperaturverhältnisse.

Um die hydrographischen Verhältnisse in den Wassermassen zu illustrieren, werden einige Beobachtungsreihen hier wiedergegeben. Die erste Tabelle zeigt die Verteilung der Temperaturen, der Salzgehalte und der Dichte zu verschiedenen Jahreszeiten in dem genannten Mastbassin bei Nyhammer (Fig. 7), wo die Bodentiefe 8 bis 9 m war.

Nyhammer (Mastbassin).

Tiefe	26. Juli 1903			8. Oktober 1904			4. Dezember 1903		
	Temp. ° C	Salzgeh. ‰	Dichte in situ	Temp. ° C	Salzgeh. ‰	Dichte in situ	Temp. ° C	Salzgeh. ‰	Dichte in situ
Im Teiche									
Oberfläche	18,1	21,9	1,0153	10,0	28,5	1,0219	2,9	21,4	1,0171
1 Meter	18,2	23,3	.. 164	10,8	28,9	.. 221	3,0	—	—
2 „	20,8	27,7	.. 190	10,7	29,2	.. 223	2,9	27,9	.. 223
3 „	21,0	30,9	.. 214	11,0	29,4	.. 224	2,8	28,5	.. 227
4 „	20,3	31,7	.. 222	11,0	29,6	.. 226	2,8	—	—
6 „	16,5	32,5	.. 237	11,6	29,8	.. 226	2,7	29,3	.. 234
8 „	13,4	32,5	.. 244	11,9	30,1	.. 228	3,1	29,7	.. 237
Außerhalb des Teiches									
Oberfläche	16,3	19,8	1,0141	9,4	29,3	1,0226	1,0	21,3	1,0171
1 Meter	16,2	23,7	.. 171	—	—	—	4,0	30,2	.. 240

Die Observationen, die hier aufgeführt sind, können im großen ganzen als typisch für die Mastbassins betrachtet werden, und folgendes geht daraus deutlich hervor:

Im Sommer ist der Teich von Wasser mit relativ geringen Salzgehalten bedeckt; es ist eine ausgeprägte Sprungschicht dicht unterhalb der Oberfläche. Unterhalb dieser Sprungschicht ist die Maximaltemperatur zu finden; die Temperatur sinkt weiter unten und zeigt ein Minimum beim Boden. Das Bodenwasser hat einen verhältnismäßig hohen Salzgehalt, höher als man ihn irgendwo an der Oberfläche in den Fjorden im Sommer findet und ebenso hoch wie im Oberflächenwasser des Küstenstroms außerhalb des Scherengebietes. Das Bodenwasser war somit zu einer anderen Jahreszeit in den Teich hineingekommen. Das Wasser, das im Sommer in den Teich hineinströmen kann, ist — wie es aus der Tabelle ersichtlich ist — leichter als das Teichwasser unterhalb der Sprungschicht; es muß sich also an die Oberfläche lagern. Daher wird im Sommer nur das Wasser des Teiches bei der Oberfläche erneuert, tiefer aber nicht, und die unteren Schichten bleiben ruhig liegen.

Im Herbst ist das einströmende Wasser bedeutend schwerer geworden; es ist ebenso schwer wie das Teichwasser in 6 m Tiefe oder mehr und sinkt daher unter die Oberfläche. Beim Ausströmen vom Bassin verschwindet das Oberflächenwasser, und es wird keine Sprungschicht ge-

funden. Die Temperaturen sind ziemlich gleichförmig und zeigen nur eine schwache Steigung bis zum Boden, wo das Maximum vorkommt.

Im Anfang des Winters sind die Temperaturen wiederum gleichförmig und sind viel niedriger geworden. Das Wasser, das in den „Poll“ hineinströmt, ist teilweise ebenso schwer als das Bodenwasser, und daher wird die ganze Wassermasse im Teiche von der Oberfläche bis zum Boden erneuert.

Die Verhältnisse in den Laichstraßen gehen aus der folgenden Tabelle hervor. Sie enthält einige Beobachtungen vom „Kvernepoll“, wo die Bodentiefe ungefähr 6 m war.

Kverne (Laichbassin).

Tiefe	10. Juni 1904			8. Oktober 1904			5. Dezember 1903		
	Temp. ° C	Salzgeh. ‰	Dichte in situ	Temp. ° C	Salzgeh. ‰	Dichte in situ	Temp. ° C	Salzgeh. ‰	Dichte in situ
Im Teiche									
Oberfläche	17,0	22,1	1,0157	7,8	16,6	1,0129	4,1	23,5	1,0187
1 Meter	16,6	22,3	.. 159	11,2	21,4	.. 163	6,3	26,1	.. 205
2 "	22,0	30,0	.. 205	14,8	27,6	.. 204	6,8	26,9	.. 211
3 "	19,4	30,8	.. 217	15,4	28,4	.. 208	9,2	28,5	.. 220
4 "	16,2	31,0	.. 226	16,3	29,1	.. 212	10,0	29,0	.. 223
5 "	14,0	31,0	.. 231	17,0	29,5	.. 214	10,2	29,1	.. 223
Bei Boden	13,1	31,0	.. 233	17,1	29,6	.. 214	10,2	29,1	.. 224
Außerhalb des Teiches									
Oberfläche	14,7	25,1	1,0185	7,5	19,7	1,0154	4,9	26,5	1,0210
1 Meter	—	—	—	—	—	—	7,6	30,5	.. 238

Hier sind zuerst einige Beobachtungen vom 10. Juni 1904 aufgeführt. Den Tag vorher wurden die Verhältnisse im „Nyhammerpoll“ untersucht: die folgenden Beobachtungen wurden dann gemacht:

Nyhammer 9. Juni 1904

Tiefe	0	1	2	3	4	6	7,5 Meter
Temperatur	14,9	15,6	14,1	13,6	12,8	11,2	10,8 ° C
Salzgehalt	30,6	30,6	30,7	30,9	31,0	31,2	31,2 ‰
Dichte in situ	1,0226	1,0225	1,0228	1,0231	1,0233	1,0238	1,0239

Es ergibt sich somit, daß das Temperaturmaximum zu dieser Zeit im Teiche bei Nyhammer niedrig und wenig ausgeprägt war, bei Kverne dagegen hoch und stark ausgeprägt. Die Erklärung ist, daß das einströmende Wasser im „Nyhammerpoll“ so schwer war, daß keine Sprungschicht gebildet wurde, während das Wasser, das in den Teich bei Kverne hineinströmte, eine leichte Oberflächenschicht bildete, die die unteren Wassermassen gegen Temperaturabnahme schützte.

Im Oktober 1904 war das Wasser im „Kvernepoll“ an der Oberfläche kälter als im „Nyhammerpoll“, aber weiter tiefer war es bedeutend —

bis über 5° — wärmer. Auf beiden Stellen lag das Temperaturmaximum am Grunde. Betreffend Salzgehalt und Dichte war zwischen den beiden Teichen derselbe Unterschied wie im Juni: eine ausgesprochene Sprungschicht fand sich in dem wärmsten von ihnen, während diese in dem anderen fehlte. Das einströmende Wasser erneuerte nur den obersten Meter im Bassin bei Kverne, aber dagegen fast alles Wasser im „Nyhammerpoll“. Bei Kverne war nämlich das Fjordwasser viel leichter und die Öffnung zum „Poll“ viel kleiner als bei Nyhammer.

Anfang Dezember (1903) war es hinfert ähnlich: im „Kvernepoll“ stieg die Temperatur von 4° an der Oberfläche bis über 10° am Grunde, während es in dem anderen Teich gleichförmig ungefähr 3° in allen Tiefen war. Um diese Zeit begann erst die vollständige Erneuerung allen Wassers von der Oberfläche bis zum Grunde im „Kvernepoll“, was bedeutend zeitiger im Mastbassin vor sich ging.

In Buchten, wo die Barriere fehlt und deshalb die Verbindung mit der See weit offener ist, sind die hydrographischen Verhältnisse ganz andere. Solche Stellen sind teils zum „künstlichen“ Aufziehen von Austern benutzt worden, aber nur auf einigen wenigen Stellen hat dieser Betrieb sich halten können. Eine dieser Stellen ist das Lindaasbassin nördlich von Bergen. Lindaas wird von einem Fjord, der zahlreiche kleine Arme und Buchten bildet, durchschnitten. An drei verschiedenen Stellen in diesem zusammenhängenden Fjordsystem habe ich im Juli 1903 u. a. folgende Beobachtungen gemacht:

Lindaas, 24. Juli 1903

Tiefe	Station 1			Station 2			Station 3		
	Temp. $^{\circ}\text{C}$	Salzgeh. ‰	Dichte in situ	Temp. $^{\circ}\text{C}$	Salzgeh. ‰	Dichte in situ	Temp. $^{\circ}\text{C}$	Salzgeh. ‰	Dichte in situ
Oberfläche	15,7	27,7	1,0203	16,9	27,5	1,0198	18,2	23,5	1,0165
1 Meter	15,1	27,7	.. 204	16,0	27,9	.. 204	17,1	27,6	.. 198
2 „	14,8	27,7	.. 205	15,2	28,1	.. 207	15,4	28,2	.. 207
3 „	14,6	27,8	.. 205	14,5	28,3	.. 210	14,9	28,7	.. 212

Station 1 liegt in einer offenen Bucht dem Hauptfjord am nächsten; Station 2 ist weiter weg vom Fjord selbst, und Station 3 liegt in einer ebenfalls offenen Bucht im inneren Teil des Distriktes, ein Paar Kilometer vom Hauptfjord entfernt. Überall war die Temperatur an der Oberfläche am höchsten; die Temperaturen stiegen bedeutend mit der Entfernung vom Hauptfjord. Außerdem ist es bemerkenswert, daß die Wasserschichten bis zum Boden (der an allen Stellen ca. 4 m tief war) auf Station 1 fast gleichartig waren; je weiter man in den Distrikt hineinkam, desto größer wurde der Unterschied zwischen Oberfläche und Grund, was sowohl Temperatur wie Salzgehalt (und also auch Dichte in situ) betrifft. Bei der innersten Station war eine Sprungschicht zwischen Oberfläche und 1 m;

an dieser Stelle war der Salzgehalt an der Oberfläche verhältnismäßig gering, in 3 m Tiefe dagegen sehr hoch. Dies ist im allgemeinen der Fall: wo die Salzgehalte an der Oberfläche sehr gering sind — wie z. B. bei Flußmündungen — sind die Salzgehalte in einigen Metern Tiefe höher als in derselben Tiefe an anderen Stellen in der Nähe; es ist das bekannte Phänomen der Reaktionsströme, die von F. L. Ekman beschrieben wurden. In diesen Fällen liegen die unteren Wassermassen nicht ruhig; es ist eine stetige Erneuerung. — Mit den „Pollen“ verglichen zeigen diese offenen Bassins im Sommer ein bedeutend niedrigeres Temperaturmaximum, welches also nicht intermediär liegt, sondern an der Oberfläche. In der Tiefe von 2 m, wo die Verhältnisse von besonderer Bedeutung für die Austernzucht sind, ist die Temperatur mehrere Grade niedriger, als sie in den „Pollen“ zu sein pflegt.

Das charakteristische hohe Temperaturmaximum findet sich intermediär im Sommer nur in solchen Bassins, die vom Fjord durch eine Schwelle getrennt sind und wo eine Sprungschicht dicht unterhalb der Oberfläche vorhanden ist. In den offenen Buchten werden alle Wassermassen im Sommer erneuert; in den „Pollen“ dagegen nur die oberste Wasserschicht, während die Schichten, die tiefer als 1 oder 2 m liegen, in Ruhe verbleiben und Wärme entgegennehmen, ohne irgendwelche nennenswerte Wärmemenge an die Atmosphäre abzugeben, weil die Sprungschicht diese tieferliegenden Wassermassen daran hindert, durch Vertikalzirkulation an die Oberfläche zu kommen. Die Verhältnisse entsprechen denen, die von einigen Salzseen in Ungarn bekannt sind, wo die salzigen Wassermassen von einer Schicht süßeren Wassers an der Oberfläche gedeckt sind. Eine solche Sprungschicht und deren Zusammenhang mit der Temperaturverteilung geht deutlich aus Fig. 8 hervor, welche die früher besprochenen Verhältnisse im Kvernepoll“ im Juni 1904 zeigt.

Die dunklen Wärmestrahlen werden, wie bekannt, im Wasser sehr schnell absorbiert, und sie rufen deshalb nur eine Erwärmung der Oberfläche hervor. Die hellen Wärmestrahlen können weit tiefer reichen; in klarem Wasser kann die Erwärmung wegen dieser Strahlen bis zu 50 m oder mehr bemerkt werden. In Fig. 9 zeigt die vollzogene Kurve die Temperaturverteilung im „Nyhammerpoll“ am 25. Juli 1903, 9¹⁵ bis 9⁴⁵ abends. Im Sonnenschein am 26. Juli vormittags wurde das Wasser bis zu 4 m Tiefe unter der Oberfläche erwärmt. Nachmittags von 12⁴⁵ bis 2 machte ich wiederum einige Beobachtungen, die durch die gebrochene Kurve in der Figur dargestellt sind. Der Wasserstand war $\frac{1}{2}$ m höher als am vorhergehenden Abend, so daß die bei der ersten Messungsreihe beispielsweise 4 m unter der Oberfläche liegende Wasserschicht jetzt $4\frac{1}{2}$ m tief lag; das einströmende Wasser lagerte sich nämlich auf der Oberfläche und nicht in der Tiefe. Die Figur zeigt, daß die Erwärmung an der Oberfläche

am größten, über $\frac{1}{2}$ Grad, war; in 1 bis 2 m Tiefe war die Temperatur 3 bis 4 Zehntel Grad und in 2 bis 3 m ungefähr 2 Zehntel Grad gestiegen. Tiefer als 4 (bzw. $4\frac{1}{2}$) m war die Temperatur unverändert; die Strahlen reichten nicht so tief, sondern wurden so gut wie gänzlich in den obersten 4 m absorbiert. Wenn die Luft kälter wird (nachts) und bei der Erneuerung des Oberflächenwassers nimmt die Temperatur desselben wiederum ab. Sie steigt und sinkt abwechselnd. In den tieferen Schichten dagegen steigt die Temperatur fortwährend in längerer Zeit.

In den warmen Pollen ist im Sommer ein sehr reiches Tier- und Pflanzenleben. Das Wasser ist oft zu dieser Zeit so von kleinen Plankton-

Fig. 8. Die Verteilung der Temperatur (t), des Salzgehaltes (S) und der Dichte (σ_t) im Laichbassin bei Kverne am 10. Juni 1903.

formen angefüllt, daß die Sichttiefe nur einige wenige Meter beträgt. Dazu kommt oft eine Verunreinigung durch Zufluß von Mooren und ähnliches. Dadurch werden auch die hellen Wärmestrahlen rasch absorbiert, und dies war die Ursache, daß bei dem genannten Beispiel vom „Nyhammerpoll“, Fig. 9, keine Erwärmung tiefer als 4 ($4\frac{1}{2}$) m unter der Oberfläche nachgewiesen werden konnte. Später im Jahre nimmt die Menge der Planktonorganismen ab, so daß die Strahlen tiefer gelangen. Die tieferen Wasserschichten werden außerdem langsam durch Wärmeleitung von oben erwärmt, so daß die Temperatur im Grundwasser steigt und ein Maximum spät im Herbst oder im Anfang des Winters erhält.

Das Temperaturmaximum, welches sich gewöhnlich im Sommer 2 bis 3 m unter der Oberfläche befindet, erreicht seinen höchsten Wert im Juli oder

August. Bei der Abkühlung der Oberfläche im Herbst, bei der geringeren Intensität der Wärmestrahlung in Verbindung mit der geringeren Absorption dieser Strahlen wird die intermediäre Maximumtemperatur abnehmen, während die Temperatur der untersten Schicht langsam zunimmt. Bei der Erneuerung der intermediären Schichten verlieren diese das Maximum, das zu dieser Zeit am Boden zu finden ist. Wenn später das einströmende Wasser bis zum Grunde reicht, werden die Verhältnisse gleichartig ohne ein hervortretendes Maximum der Temperaturen.

Fig. 9. Die Temperaturveränderungen im Teich bei Nyhammer vom 25. Juli 1903 abends bis 26. Juli mittags.

Die Erneuerung des Pollenwassers ist von den Verhältnissen im Fjord außerhalb des Bassins abhängig. Das Fjordwassers ist im allgemeinen im Herbst salziger als im Sommer; dieses im Verein mit der Abkühlung bewirkt, daß das Oberflächenwasser des Fjords schwerer wird, während das Grundwasser im „Poll“ durch die Erwärmung gleichzeitig leichter wird. Dann wird — gewöhnlich während der Springflut — das Wasser in allen Tiefen des „Polls“ erneuert. Die Erneuerung kann den ganzen Winter hindurch fortsetzen, falls nicht Eisbildung auf dem Teich, in der Rinne oder auf dem Fjord dies hindert. Im Frühjahr ist deshalb in der Regel alles Wasser im „Poll“ frisch und ziemlich gleichartig von

mit seiner hohen Maximumtemperatur entwickelt sich vom neuen. Diese Entwicklung im Laufe des Jahres kann durch Fig. 10 illustriert werden; die Figur zeigt die Temperaturverteilung im „Indreöpoll“ in der Nähe Bergens von Mitte Juni 1903 bis Ende März 1904. Die starke Abnahme der Temperaturen zwischen der Oberfläche und 8 m Tiefe Anfang Oktober wurde durch die Öffnung der Schleuse hervorgerufen. Es ist eine notwendige Voraussetzung für die Bildung der intermediären Maximumtemperatur, daß der Teich an der Oberfläche von einer Schicht von verhältnismäßig geringer Dichte gedeckt ist. Dieses süßere Oberflächenwasser bleibt durch Zuströmung von außerhalb erhalten. Das Oberflächenwasser des Fjords hat, wie erwähnt, normal einen geringeren Salzgehalt im Sommer als im Herbst und Winter: im Sommer ist es leichter als das Pollenwasser und bildet die Deckschicht, im Winter schwerer und erneuert alle Wassermassen des „Polles“. In einzelnen Fällen wird die oberste Deckschicht durch kleine Bäche, die in die Teiche münden, gebildet. In trockenen Sommern kann eine Ausnahme hiervon eintreten. Wenn die Verdampfung sehr groß ist und die Süßwasserzuführung sehr gering, kann entweder das Oberflächenwasser des Teiches so schwer werden, daß Vertikalzirkulation bis zu mehreren Metern Tiefe eintritt, oder das Fjordwasser wird schwerer als alles Wasser im „Poll“ und verursacht eine vollständige Erneuerung aller Schichten. Es wird sich dann kein ausgesprochenes Temperaturmaximum bilden können. Man erhält so das eigentümliche Verhältnis, daß die Temperatur in 2 bis 3 m Tiefe im „Poll“ gerade in den wärmsten Sommern abnorm niedrig sein kann. Nach Frieles Beobachtungen war dies z. B. der Fall in dem ungewöhnlich warmen und trockenen Sommer 1889.

Es gibt Mengen von solchen „Pollen“ an der norwegischen Westküste entlang, und bei der jungen Austernkultur ist nur eine verhältnismäßig geringe Anzahl von ihnen in Gebrauch gekommen. Jedes Jahr werden neue Teiche dieser Art für die Kultur verwendet, und große Massen von Austern können nach und nach gezüchtet werden. Für den Wechselbetrieb werden dann einige der „Polle“ zum Mästen verwendet, andere zum Brut-sammeln. Die größeren Individuen brauchen aber sehr viel mehr Platz wie die kleinen Jungen: im Mastbassin können z. B. 100000 Austern bis zur Marktgröße gezüchtet werden, während in einem Laichbassin derselben Größe eine Million Junge aufgesammelt werden können. Man braucht daher verhältnismäßig wenige Laichpolle und viel mehr Mastteiche. Wie aus dem Gesagten hervorgeht, muß man verschiedene Sommertemperaturen in den beiden Arten von Bassins haben, und eine Wahl muß dementsprechend vorgenommen werden: Ein Laichbassin fordert eine um rund 10° höhere Sommertemperatur als ein Mastbassin.

Solche Temperaturdifferenzen kommen schon ohne künstliche Regulierung vor; sehr oft muß man aber, um die Optimumtemperaturen bekom-

men zu können, in der Rinne zum Teiche eine Schleuse bauen. In den Laichbassins müssen die Wasserschichten unterhalb der Oberfläche früher in Ruhe liegen als in den Mastbassins, um die hohe Temperatur zu erreichen. In den Laichteichen fängt dann die starke Temperatursteigerung intermediär schon im Frühjahr an. Diese Teiche finden sich da, wo das Oberflächenwasser des Fjords verhältnismäßig leicht ist, so daß das Wasser, welches in den „Poll“ hineinströmt, vom April ab nur die Oberflächenschicht des Bassins erneuert; zu dieser Zeit wird die Schleuse geschlossen, so daß nur sehr geringe Wassermengen überhaupt einströmen können. In den Mastbassins dagegen, wo die Maximumtemperatur im Sommer am liebsten nicht über 20° sein soll, geht die Erneuerung vor sich bis zum Anfang

Fig. 11. Die Temperaturen in einem Laichbassin (Kverne), einem Mastteich (Nyhammer) und einem offenen Bassin (Lindaas), am 9. bis 11. Juni 1904.

des Sommers, und das ausgeprägte Maximum in ein paar Metern Tiefe beginnt erst im Juni sich zu entwickeln; es geschieht so spät, weil bis zu dieser Zeit teils ohne weiteres, teils durch das Regulieren mittels der Schleuse erhebliche Wassermassen von so großer Dichte hineinströmen, daß auch die mittleren und unteren Wasserschichten erneuert werden und nicht nur die Oberflächenschicht. Die früher erwähnten Beobachtungen in verschiedenen Bassins vom 9. his 11. Juni 1904 zeigen dieses; diese sind in Fig. 11 graphisch dargestellt. Man sieht wie das Laichbassin bei Kverne einen großen Vorsprung hat, und wie sich erst zu dieser Zeit das intermediäre Temperaturmaximum im Mastteiche bei Nyhammer bildet. Es hängt also grobenteils mit den Verhältnissen im Oberflächenwasser des Fjords zusammen: an einigen Stellen ist dieses Wasser im Frühjahr leicht und für den Laichpoll günstig, an anderen schwerer und für den Mastteich günstig.

4. Die Gasverhältnisse.

Die Sauerstoffmengen im Pollenwasser variieren sehr stark. Das reiche Pflanzenleben im Sommer produziert so erhebliche Mengen dieser Gasart, daß das Wasser in den oberen und mittleren Schichten damit oft stark übersättigt ist. Im Anfang Juni 1904 waren z. B. die Wassermassen im „Nyhammerpoll“ von der Oberfläche bis zu 7 m Tiefe mit Sauerstoff übersättigt; die Übersättigung betrug bis zu 60 %. Im Winter und Frühjahr kommt in der Regel der Sauerstoff in normalen Mengen in diesen Schichten vor. Im Winter sind aber die Eisverhältnisse von ausschlaggebender Bedeutung.

Im Grundwasser herrscht allezeit Sauerstoffmangel mit Ausnahme der Zeit der Erneuerung. Die reichhaltigen organischen Sedimente, die überall den Grund der „Polle“ bis zu ein paar Meter unterhalb der Wasseroberfläche decken, werden durch die Tätigkeit der Schwefelwasserstoffbakterien dekomponiert. Der lose, schwarze Schlamm riecht immer nach Schwefelwasserstoff; dieser diffundiert ins Wasser hinein und verbindet sich mit dem Sauerstoff. Wenn das Bodenwasser in Ruhe liegt, nimmt deshalb der Sauerstoff nach und nach ab, und wenn dieser ganz oder nahezu ganz verschwunden ist, tritt im Wasser freier Schwefelwasserstoff auf. Die Wirkung dieser Prozesse zeigt sich im Laufe des Sommers höher und höher über dem Boden, und im August-September können in dieser Weise die unteren Wasserschichten bis zu mehreren Metern über den Grund einen vollständigen Sauerstoffmangel aufweisen. Bei Erneuerung der unteren Wasserstoffmassen erreicht der Sauerstoff wiederum normale Werte, und der freie Schwefelwasserstoff verschwindet. Es ist so eine deutliche Periodizität im Vorkommen dieser Gase, die mit der periodischen Erneuerung der Wassermassen parallel läuft. Als Beispiel möchte ich die folgenden Bestimmungen des Sauerstoffs im „Kvernepoll“ referieren; die Sauerstoffmengen sind in Kubikzentimetern pro Liter Wasser angegeben:

Tiefe	1904 Juni 10.	1904 Oktober 8.	1903 Dezember	
			2.	5.
1 Meter	6,9	7,2	6,1	6,6
2 „	—	—	2,2	5,2
3 „	—	6,1	0,8	—
4 „	—	—	0,3	5,0
5 „	1,9	1,8	0,0	0,1
Am Boden	0,0	—	0,0	0,0

Die Beobachtungen vom Dezember sind ganz interessant, weil sie einige Einzelheiten zeigen, die zum Verständnis der Verhältnisse im allgemeinen von Bedeutung sind. Am 2. Dezember lag überall auf dem „Poll“ und in der Rinne eine Eisschicht. Aus den Salzgehalt- und Temperatur-

beobachtungen ging hervor, daß das Wasser bis dahin nur an der Oberfläche erneuert war; selbst in 1 m Tiefe war das Wasser nicht mit Sauerstoff gesättigt, und in 2 m waren nur 31 % der Sättigungsmenge; schon in 4 m fand sich freier Schwefelwasserstoff. Am Tage darauf trat Tauwetter mit starkem Sturm und Hochwasser ein, so daß das Eis sich löste und das Wasser von draußen einströmen und mit der Erneuerung der tieferen Schichten beginnen konnte. Am 5. Dezember waren deshalb die Sauerstoffmengen in den oberen 4 m stark vermehrt; einige Tage später war wahrscheinlich alles Wasser von der Oberfläche bis zum Grunde frisch — mit normalen Sauerstoffmengen und ohne freien Schwefelwasserstoff. Falls nicht der Sturm eingetreten und das Eis gelöst worden wäre, würde innerhalb kurzer Zeit aller Sauerstoff verschwunden gewesen sein, und freier Schwefelwasserstoff wäre selbst in den obersten Wasserschichten vorgekommen. Damit wären alle Austern gestorben.

Die Erneuerung der tieferen Wasserschichten kann auch zuweilen von unten vor sich gehen. Falls das einströmende Wasser plötzlich schwerer wird, als alles in dem „Poll“ enthaltene Wasser, kann es am Boden entlang einlaufen und die sauerstoffarmen oder schwefelwasserstoffhaltigen Schichten gegen die Oberfläche heben. In mehreren Fällen ist im Herbst beobachtet worden, daß ein Minimum von Sauerstoff oder ein Maximum von Schwefelwasserstoff intermediär und nicht am Boden gewesen sei. Diese intermediäre Schicht wird so bei jeder Flutperiode höher gehoben, bis sie an die Oberfläche kommt und aus dem „Poll“ austritt.

5. Die Bedeutung der hydrographischen Verhältnisse für die Austernkultur.

Man war nach und nach erfahrungsmäßig zu dem Resultat gekommen, daß man die größte Laichproduktion erreichte, wenn die Temperatur im Sommer bis zu 25—30° kam, aber daß es dann zu warm wurde, um aus den ausgewachsenen Tieren eine gute Handelsware zu schaffen. Die beste Sommertemperatur für die Zucht und das Mästen fand man von 16—20°, also ungefähr 10° niedriger. Es wurde im vorhergehenden gezeigt, wie man in vielen Fällen die Verhältnisse so regulieren kann, daß die Temperaturen gerade die Optimumswerte erreichen. Es passiert z. B., daß die Temperatur im Sommer zu stark steigt. Im Laichteich bei Espevik ist sie so zuweilen bis auf 35° gekommen, was selbst für einen Laichteich zu viel ist. Die Schleuse wird in solchen Fällen einige Tage offen gehalten, damit mehr Wasser von draußen einströmen kann, um die Temperatur zu reduzieren.

Je höher die Temperatur ist, desto schneller wächst die Auster. Das Wachstum ist immer am schnellsten in den Laichteichen, wo die Austern jedoch nicht so fest und wohlschmeckend werden, wie die Anforderungen

an sie als gute Handelsware gestellt werden. In der untenstehenden Tabelle sind die Verhältnisse in einigen Mastbassins Ende Juli und Anfang August aufgeführt; die Tabelle ist von oben nach unten geordnet, der Wachstumsgeschwindigkeit der Austern entsprechend. Die Temperatur in 2 m Tiefe, in der die Austerinkörbe hängen, ist zusammen mit dem Salzgehalt aufgeführt.

Bassin	Datum der Untersuchung	Tiefe zum Boden	In 2 Meter Tiefe	
			Temperatur	Salzgehalt
Salavaagen	1. August 1903	7,1 Meter	22,1 ° C	26,7 ‰
Nyhammer	26. Juli „	8,3 „	20,8 „	27,7 „
Tuusberg	25. Juli „	5 „	19,8 „	27,9 „
Hanöström (Lindaas)	24. Juli „	3,9 „	14,8 „	27,7 „
Uran	4. August „	7,2 „	13,2 „	32,8 „

Man sieht aus dieser Zusammenstellung, daß die Temperatur ganz regelmäßig variierte, so daß die Bassins, wo das Wachstum am besten war, die höchste Temperatur hatten. In „Solavaagen“ können die Tiere sogar verkaufbare Größe schon nach $\frac{3}{4}$ jährigem Mästen erreichen. In dem offenen Lindaasbassin und im „Uranpoll“, der länger gen Nord und näher dem offenen Meere liegt, gebrauchen die Tiere 4—5 jähriges Mästen, ehe sie die erforderliche Größe erreichen. Die Tiefe des Bassins ist in dieser Hinsicht von ganz untergeordneter Bedeutung.

In der Tiefe, wo die Austernkörbe hängen, ist ein sehr großer Temperaturwechsel im Verlauf des Jahres. In den Mastteichen beträgt die Amplitude oft 18—20°, in den Laichteichen noch viel mehr und kann sich in einzelnen Jahren bis auf 30° belaufen. Bei einem so großen Wechsel werden die Tiere weniger widerstandsfähig, und in den wärmsten Laichteichen werden sie in der Regel nicht alt. Die jährlichen Schwankungen in den Mastbassins können sie jedoch leicht vertragen.

Austern haben für wechselnde Salzgehalte ein großes Anpassungsvermögen. Sie leben und wachsen im Brackwasser sowie im Meerwasser von den größten Salzgehalten. Die besten Austern sind solche, die im Wasser von relativ hohen Salzgehalten (über 25 ‰) gezüchtet sind. Der „Uranpoll“ mit seiner niedrigen Temperatur und sehr hohem Salzgehalt gibt ein langsames Wachstum, aber sehr feste und wohlschmeckende Austern.

Das Laichen der Austern ist im hohen Grade von der Temperatur abhängig. Unter den gewöhnlichen Temperaturverhältnissen an der norwegischen Küste laicht nur ein sehr kleiner Prozentsatz der ausgewachsenen Tiere, und deshalb wird der Bestand nur sehr langsam erneuert. In den Mastteichen laichen in der Regel mehr Tiere als in dem offenen Fahrwasser, aber das Laichen findet erst spät im Sommer oder im Herbst

(August-September) statt. In den Laichteichen beginnt, wie erwähnt, die Aufwärmung viel zeitiger im Jahre, und sowohl die Sommertemperatur als auch die Durchschnittstemperatur des Jahres ist viel höher wie in den Mastteichen. In ihnen bekommen die ausgewachsenen Austern schon im Juni-Juli reife Geschlechtsprodukte. Auf Grundlage einiger Kurven, die den Temperaturwechsel im Laufe des Jahres in 2 m Tiefe zeigen, habe ich den gesamten Zuwachs an Wärmemenge unter typischen Verhältnissen — von der kältesten Jahreszeit (Mitte Januar) gerechnet — bestimmt. Es ergab sich, daß in einem Laichteiche ein ebenso großer Zuwachs an Wärmemenge (Zeit mal Kalorien) von Mitte Januar bis Mitte Juli war, wie in einem Mastteiche von derselben Zeit ab bis Anfang September — also ganz dem verschiedenen Eintreffen des Laichens entsprechend. Dieser Zuwachs an Wärme von der kältesten Jahreszeit bis zum Eintreffen des Laichens sollte somit einigermaßen konstant sein. Bei der schnellen Wärmezunahme in den Laichteichen laicht aber ein weit größerer Prozentsatz der Tiere, als bei dem langsameren Wärmezuwachs in den Mastteichen.

Auch der Salzgehalt spielt für das Laichen der Austern eine bedeutende Rolle. Bei niedrigeren Salzgehalten als bei 25 ‰ laichen Austern überhaupt nicht in nennenswerter Menge. Teiche mit so niedrigem Salzgehalt sind deshalb nicht zur Ansammlung von Laich dienlich. Bekannt ist ja in dieser Hinsicht das Beispiel vom Limfjord, wo die Austern nicht laichten, bevor der Fjord im Jahre 1825 in Verbindung mit der Nordsee kam, und die Salzgehalte deshalb erhöht wurden.

Nach dem Laichen schwärmen die Larven einige Zeit im Wasser herum. Sie scheinen dann größtenteils in einer Wasserschicht vorzukommen, wo die Dichte einen bestimmten Wert hat. Zuweilen setzen sich die Larven nach der Schwärmeperiode hauptsächlich an der Oberfläche fest. Dies ist an der offenen Küste, wo die Salzgehalte hoch sind, sehr oft der Fall. Es kommt auch vor, daß die Larven in den Laichteichen höher im Wasser als 2 m unter der Oberfläche schwärmen und sich an die Tonnen oder an den obersten Teil der Reisigbündel befestigen, so daß man tiefer unten keine Larven findet. Die Grenze zwischen der Wasserschicht, wo die Larven vorkommen, und der, wo sie fehlen, kann zuweilen sehr scharf sein. Nach vielen Beobachtungen dieser Art scheint es, als ob die Larven in größten Mengen dort zu finden sind, wo die Dichte des Wassers Werte zwischen 1,020 und 1,023 hat. Dadurch erklärt es sich, daß die Reisigbündel ganz frei von Larven sein können in Fällen, wo die Austern tatsächlich gelaicht haben: das Wasser ist dann entweder zu schwer gewesen, so daß die Larven höher im Wasser geschwärmt haben, oder zu leicht, so daß die Schwärmschicht tiefer als die Reisigbündel liegt.

Die Sterblichkeit der Austern in den „Pollen“ ist unter normalen Bedingungen nicht sehr groß — ungefähr 10% jährlich. Es ist aber vorgekommen, daß alle „Pollen“-Austern auf den Körben plötzlich gestorben sind. Dies ist einige Male im Herbst passiert, oder auch im Winter, wenn Eis in längerer Zeit den Poll gedeckt hat. Gerade zu diesen Zeiten sind die oben besprochenen Gasverhältnisse am ungünstigsten, und die Ursache dieser Art der Sterblichkeit ist, daß die Sauerstoffmenge des Wassers allzu stark reduziert gewesen ist oder daß die Tiere sogar durch Schwefelwasserstoff vergiftet worden sind. Im Herbst erreichen ja diese ungünstigen Gasverhältnisse ihren größten Umfang, ehe die vollständige Erneuerung der Wasserschichten stattfindet; der Sauerstoffmangel kann sich dann bis nahe an die Oberfläche geltend machen, oder das „faule“ Bodenwasser kann durch das Eindringen sehr schweren Wassers plötzlich gehoben werden, so daß es die Austernkörbe passiert. Um das Wasser „auszulüften“, werden immer die Schleusen im Oktober geöffnet, und unter gewöhnlichen Verhältnissen bemerkt man dann keine verhängnisvollen Wirkungen. Im Winter kann das Eis jede Erneuerung der Wassermassen hindern, so daß alles Wasser im „Poll“ stagniert und sauerstoffarm oder schwefelwasserstoffhaltig wird. Dies erklärt auch, daß man die Erfahrung gemacht hat, daß die Austern nichts leiden, wenn eine Wake im Eis offen gehalten wird. — Andere Fälle von großer Sterblichkeit haben andere Ursachen gehabt, wie z. B. Angriffe verschiedener Feinde im Tierreich; es ist wahrscheinlich, daß einige Protozoen zuweilen die Austern töten können, ohne daß diese Frage jedoch bis jetzt näher untersucht ist. Es muß aber hinzugefügt werden, daß die „Pollen“-Austern niemals Krankheit bei Menschen verursacht haben.

Literatur.¹⁾

- Friele, H.**, The Oyster Ponds of the Coast of Norway. Bericht d. internationalen Fischereikongresses in Bergen 1898.
Friele, H., Österskulturen i Norge. Vortrag geh. bei dem skandinavischen Fischereikongress in Bergen 1907.
Helland, Amund, Temperaturen i Österstjernene. „Norsk Fiskeritidende“ Bergen 1889, S. 212—221.
Helland-Hansen, B., De vestlandske østersbasinens naturforhold. Bergen 1907.
Wollebæk, Alf, Meddelelser om Østersavl, I u. II. „Norsk Fiskeritidende“. Bergen, 1901 und 1903.
Wollebæk, Alf, Om metoden for indsamling og opdrætning af østersyngel. „Norsk Fiskeritidende“ Bergen 1902.
Wollebæk, Alf, A Norwegian Method of Oysters Culture. Annual Report of Fisheries, Ireland, Scientific Investigations 1901, II. Dublin 1903.

¹⁾ Sämtliche Schriften außer der zuletzt genannten sind von „Selskabet for de norske Fiskeriers Fremme“ in Bergen herausgegeben.